

**STUDI EMISI KARBON DIOKSIDA DARI TIGA JENIS LAHAN GAMBUT
DI DESA TANJUNG LEBAN DAN SEPAHAT KECAMATAN BUKIT BATU
KABUPATEN BENGKALIS**

Edo Furnando, Tengku Ariful Amri, Sofia Anita

**Mahasiswa Program Studi S1 Kimia
Bidang Kimia Fisika Jurusan Kimia
Bidang Kimia Analitik Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau
Kampus Binawidya Pekanbaru, 28293, Indonesia
*edofurnando28@yahoo.co.id***

ABSTRACT

The high concentration of carbon dioxide in the atmosphere is suspected as the main cause of global warming, therefore, the carbon balance is very important to investigate. At this time, tropical peatlands are used as agricultural cultivation and plantation, one of them is in Bengkalis, Riau Province. This study aimed to measure the concentration of CO₂ based on the relationship of physical and chemical properties of peat. Measurements were performed on peatlands which have different vegetation cover, i.e. bush land, oil palm plantation, and secondary forest. The used method in this study are Infrared Gas Analyzer and Gas Chromatography. The average of obtained emissions based on the effect of water table, peat temperature, and pH (H₂O) of bush land, oil palm plantation, and secondary forest are 497,4 ppm, 523,2 ppm, and 457,2 ppm, respectively.

Keywords: Infrared Gas Analyzer, Gas Chromatography, CO₂ emission, peat soil.

ABSTRAK

Tingginya konsentrasi karbon dioksida di atmosfer diduga sebagai penyebab utama terjadinya pemanasan global, oleh karena itu keseimbangan karbon sangat penting untuk diperhatikan. Pada saat ini, lahan gambut di daerah tropis banyak dimanfaatkan sebagai budidaya pertanian dan perkebunan, salah satunya di Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur tingginya konsentrasi CO₂ berdasarkan hubungan sifat fisik dan kimia gambut. Pengukuran dilakukan pada lahan gambut yang memiliki tutupan vegetasi yang berbeda, yaitu lahan semak, kebun sawit, dan hutan sekunder. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Infrared Gas Analyzer* dan Kromatografi Gas. Hasil rata-rata emisi yang diperoleh berdasarkan pengaruh tinggi permukaan air tanah, suhu gambut, dan pH (H₂O) dari lahan semak, kebun Sawit, dan hutan sekunder secara berturut-turut adalah 497,4 ppm, 523, 2 ppm, dan 457,2 ppm.

Kata kunci: *Infrared Gas Analyzer*, Kromatografi Gas, emisi CO₂, tanah gambut.

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki luas lahan sekitar 20,6 juta Ha (Wahyunto dkk., 2005). Riau merupakan provinsi yang memiliki lahan gambut terluas di Pulau Sumatera yaitu mencapai 4.360.740,2 Ha dan 803.891,1 Ha dari luas tersebut terdapat di Kabupaten Bengkalis (Mubekti dkk, 2011).

Sebagai salah satu bentuk lahan basah yang memiliki substrat yang bersifat asam, lahan gambut secara umum sebenarnya merupakan lahan marginal untuk keperluan pertanian maupun perkebunan. Meskipun demikian dalam dua dasawarsa terakhir telah terjadi pengalihgunaan lahan gambut menjadi lahan pertanian dan perkebunan secara besar-besaran di Indonesia, termasuk di Sumatera.

Pengalihgunaan lahan gambut biasanya diawali dengan deforestasi atau pembukaan tutupan hutan yang ada di atasnya. Hal ini kemudian dilanjutkan dengan drainase atau penggalian kanal-kanal dan parit-parit yang menyebabkan lahan basah ini kehilangan air secara substansial (Sagiman, 2007).

Penyusutan permukaan air tersebut menyebabkan lahan gambut tidak lagi tergenang dan lapisan permukaannya menjadi lebih berpori dan aerob. Hal ini dikemukakan oleh banyak pihak dapat memicu dekomposisi gambut (Handayani, 2009; Jauhiainen dkk., 2005; Yulianti, 2009). Sebagai deposit material organik, lahan gambut memiliki kandungan karbon yang sangat besar, yang apabila terdekomposisi akan terlepas ke udara, terutama sebagai CO₂ (Agus dkk, 2011). Setiap 1 meter dari lapisan tanah gambut diperkirakan mampu menyimpan sekitar 700 ton C tahun⁻¹ Ha⁻¹ (Yulianti, 2009). Mengingat

CO₂ adalah salah satu gas rumah kaca terpenting maka perubahan-perubahan yang sedang berlangsung pada lahan gambut menimbulkan kekhawatiran karena dapat berdampak terhadap iklim global.

Tujuan penelitian ini adalah untuk, (i) mengukur besarnya fluks CO₂ dari tiga jenis lahan gambut yaitu lahan semak, kebun sawit, dan hutan sekunder, (ii) mempelajari pengaruh kedalaman muka air tanah, pH (H₂O), dan suhu tanah terhadap pelepasan fluks CO₂.

METODE PENELITIAN

a. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini berupa chamber yang terbuat dari PVC (diameter 280 mm, tinggi 460 mm), perekam tegangan (VR-71, T&D corporation japan), Stopwatch, GPS (Global Positioning System), Termometer, baterai aki (GM 7Z-4A 12 V-8Ah), vial kaca 30 mL, meteran 1 meter, Syringe 50 mL, Gas Chromatography dengan Thermal Conductivity Detector (GC-TCD) Shimadzu 2014, Infrared Gas Analyzer (GMT221 Vaisala, Finlandia).

Bahan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah gas Hidrogen (H₂).

b. Pemilihan lokasi

Penelitian ini dilakukan di lahan gambut yang terletak di desa Tanjung Leban dan Sepahat Kecamatan Bukit Batu, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau dengan koordinat (35°U, 136°T). Lokasi dipilih berdasarkan jenis lahan yang terdiri dari lahan semak, kebun

sawit, dan hutan sekunder. Derkripsi masing-masing lahan adalah sebagai berikut:

1. Lahan semak

Kawasan ini merupakan lahan yang telah mengalami degradasi akibat kebakaran. Setelah terjadi kebakaran, lahan tersebut kemudian ditumbuhi oleh beberapa vegetasi. Pengukuran fluks CO_2 pada lahan ini ditentukan dengan dua metode yaitu Kromatografi Gas dan *Infrared Gas Analyzer*. Pada metode *Infrared Gas Analyzer* sampel gas diukur melalui beberapa titik yang dibuat berdasarkan jarak antara saluran drainase utama dengan titik pengambilan sampel. Penempatan titik tersebut merupakan hasil dari pembuatan transek yang dilakukan menggunakan *Global Positioning System* (GPS). Adapun jenis transek yang dipilih adalah bentuk garis lurus yang diambil dari titik paling dekat dengan saluran drainase utama. Titik pertama memiliki jarak sekitar 5 m, titik kedua 25 m, dan titik ketiga merupakan titik paling jauh dengan jarak 40 m. Dilihat dari kondisi tanah dari setiap titik pada saat di lapangan, bahwa kondisi tanah pada titik dua sedikit lebih padat dibandingkan dengan titik pertama dan ketiga. Sementara pengukuran dengan metode GC hanya dilakukan di satu titik pengambilan sampel yaitu pada titik ketiga. Jumlah titik pada lahan ini terdiri dari tiga buah titik pengambilan sampel dengan masing-masing titik dipasang tiga buah chamber secara permanen.

2. Kebun sawit

Lahan gambut yang digunakan sebagai kebun kelapa sawit telah ditumbuhi oleh tanaman kelapa sawit yang berumur sekitar enam tahun dengan

jarak tanam 9 m x 7 m atau dengan kepadatan kurang lebih 140 pohon Ha^{-1} . Chamber dipasang secara permanen diantara jarak pohon kelapa sawit yang terdiri dari tiga buah chamber. Fluks CO_2 yang dilepaskan dari tanah gambut dan kemudian terperangkap di dalam chamber diambil menggunakan *syringe* sebanyak 30 mL, selanjutnya sampel tersebut dipindahkan ke dalam Vial kaca dan dianalisis dengan Kromatografi Gas.

3. Hutan sekunder

Lahan gambut yang berupa hutan sekunder merupakan vegetasi yang didominasi oleh pepohonan dari berbagai ukuran. Tingkat kepadatan pohon di hutan ini diperkirakan sekitar 900 pohon Ha^{-1} . Fluks CO_2 yang dilepaskan dari tanah gambut diukur menggunakan *Infrared Gas Analyzer* melalui chamber yang telah dipasang sebelumnya. Pada kawasan ini hanya terdapat satu buah titik pengambilan sampel dengan tiga buah chamber.

c. Pemasangan chamber

Chamber yang digunakan merupakan paralon silinder yang terbuat dari PVC dengan diameter 280 mm dan tinggi 460 mm. Chamber ini terdiri dari dua bagian, bagian atas (sungkup) dan bagian dasar. Bagian dasar chamber dibenamkan secara permanen pada tanah gambut hingga kedalaman 10 cm sampai semua lubang pada sisi chamber berada di bawah permukaan tanah. Adapun fungsi dari lubang-lubang tersebut merupakan tempat untuk masuknya akar dari tanaman. Setelah chamber dibenamkan ke dalam tanah, pengukuran fluks CO_2 baru dilakukan satu hari setelah pemasangan chamber.

d. Pengukuran sifat fisik dan kimia gambut

Sifat fisik yang diukur dari masing-masing lahan berupa kedalaman muka air tanah dan suhu gambut. Kedalaman muka air tanah diukur menggunakan sensor air yang berbentuk stik. Sensor air dimasukkan ke dalam sebuah pipa yang dipasang di sekitar plot dengan diameter 2,5 cm serta panjang 1,1 m yang telah ditancapkan sebelumnya pada kedalaman 1 m. Tinggi permukaan air dihitung dari batas sensor saat berbunyi dikurangi dengan tinggi paralon dari atas permukaan tanah. Suhu tanah gambut diukur dibagian dalam chamber dengan menggunakan termometer. Sementara analisis kimia yang dilakukan berupa pengukuran pH (H_2O) pada setiap lahan yang diukur menggunakan pH meter.

e. Pengukuran fluks CO_2

1. Metode Kromatografi Gas

Pengambilan sampel gas CO_2 dilakukan dengan menggunakan *syringe* berukuran 50 mL dan vial kaca. Setiap dilakukan pengambilan sampel, terlebih dahulu diukur tinggi rata-rata chamber yang berada di atas permukaan tanah, hal yang sama juga dilakukan pada metode *Infrared Gas Analyzer*. Fluks CO_2 yang terperangkap di dalam chamber diambil sebanyak 30 mL kemudian dipindahkan ke dalam vial kaca. Interval waktu pengambilan sampel dimulai dari 0, 3 dan 6 menit setelah sungkup dipasang (Jauhiainen dkk., 2005). Pengambilan sampel dimulai dari pukul 09:00-17:00 WIB.

2. Metode *Infrared Gas Analyzer*

Pengukuran fluks CO_2 dengan menggunakan *Infrared Gas Analyzer* merupakan salah satu metode yang mendeteksi gas CO_2 secara langsung dengan sinar Inframerah. Pada umumnya alat ini juga bisa mendeteksi keberadaan gas lain, seperti CH_4 dan CO. Namun, untuk menghindari gangguan dari gas yang lain maka panjang gelombang harus disesuaikan terlebih dahulu berdasarkan jenis gas yang akan diukur. Fluks yang diukur pada tiap-tiap chamber ditentukan dengan interval waktu 2 detik selama 3-4 menit (Rumbang dkk., 2009). Pengukuran dimulai dari pukul 09:00-17:00 WIB.

f. Analisis konsentrasi CO_2

1. Metode Kromatografi Gas

Gas CO_2 yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan GC Shimadzu 2014 dengan detektor ionisasi nyala *Thermal Conductivity Detector* (TCD) dan kolom porapack Q (diameter 2 m \times 3 mm) menggunakan H_2 (laju alir 50 mL $menit^{-1}$) sebagai gas pembawa. Tingginya fluks CO_2 dilihat dari persamaan garis regresi yang diperoleh dari kurva kalibrasi.

2. Metode *Infrared Gas Analyzer*

Perubahan fluks yang tersimpan pada perekam tegangan kemudian dipindahkan ke komputer. Data tersebut diolah dan tingkat keakuratan data dilihat dari besarnya nilai R^2 untuk setiap fluks CO_2 yang terekam pada setiap kali pengukuran. Nilai ambang R^2 dalam penelitian ini adalah 0,98. Perhitungan fluks CO_2 dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$fc = \frac{Ph}{RT} \times \frac{dC}{dt}$$

Keterangan:

- fc = fluks CO₂ (μmol m⁻² detik⁻¹)
 P = tekanan atmosfer berdasarkan data yang terbaca pada IRGA (Pa)
 h = ketinggian chamber (m)
 R = konstanta gas (8,314 Pa m³ K⁻¹ mol⁻¹)
 T = temperatur
 dC/dt = perubahan konsentrasi CO₂ dengan berjalannya waktu, sama dengan kemiringan atau *slope* dari persamaan linear hubungan antara konsentrasi gas CO₂ dan waktu (Dariah, 2013).

g. Analisis data

Data hasil pengukuran fluks CO₂ dari ketiga lahan ditentukan dengan analisis regresi dan korelasi untuk mengetahui pengaruhnya satu sama lain menggunakan *Microsoft Excel* 2010 dengan batas nilai R² adalah 0,98. Sedangkan untuk mengetahui perbedaan secara signifikan dilakukan analisis varian (ANOVA) dan uji Duncan sebagai *post-hoc test* menggunakan SPSS (SPSS Inc, 2008, Chicago, USA) pada $\alpha = 0,05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Kondisi Gambut

Hasil pengukuran terhadap rata-rata suhu tanah, pH (H₂O), dan kedalaman muka air tanah disajikan dalam Tabel 1.

Berdasarkan derajat dekomposisi tanah gambut, secara umum jenis gambut di daerah penelitian tergolong ke

dalam Haplosaprist (Soil Survey Staff, 1998). Hasil pengukuran rata-rata tinggi kedalaman muka air tanah untuk lahan semak adalah 37,0 cm, kelapa sawit 46,7 cm dan hutan sekunder 77,7 cm. Kedalaman air dari masing-masing lahan sangat dipengaruhi oleh jenis tutupan vegetasi yang tumbuh di atasnya. Hutan sekunder merupakan jenis lahan yang memiliki kedalaman air lebih dalam, hal ini disebabkan karakteristik tanah pada lahan tersebut mempunyai pori yang lebih besar dibandingkan dengan lahan semak dan kebun sawit yang struktur gambutnya lebih padat.

Air gambut memiliki ciri khas berwarna cokelat, berasa asam dengan kisaran pH sekitar 3-5 (Yusnimar dkk., 2010). Keasaman air gambut disebabkan oleh kandungan asam-asam organik yang terdapat pada koloid gambut. Menurut Dariah dkk. (2013) peningkatan pH gambut berkaitan dengan lamanya lahan dikelola, pemberian pupuk, serta tingginya permukaan air tanah.

Berdasarkan hasil pengukuran suhu gambut dilapangan, lahan semak merupakan kawasan yang memiliki suhu tanah lebih tinggi yaitu 31,1°C dibanding kebun sawit dan hutan sekunder dengan suhu tanah 29,7°C dan 24,2°C. Hal ini juga dipengaruhi oleh tutupan vegetasi dari lahan tersebut, yang berupa paku-pakuan, rumput-rumputan, teki-tekiian maupun berbagai jenis tumbuhan berdaun lebar. Hasil pengukuran suhu tanah pada penelitian ini tidak jauh berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Tono dkk. (2011) pada lahan semak dan hutan sekunder dengan suhu tanah sekitar 34,45°C dan 28,1°C.

Tabel 1. Rata-rata suhu tanah, pH (H₂O), dan kedalaman muka air tanah.

Tipe Lahan	Suhu Tanah (°C)	pH (H ₂ O)	Kedalaman Muka Air Tanah (cm)
Lahan Semak	31,1±0,77	6,3±0,51	37,0±22,07
Kebun Sawit	29,7±1,44	6,0±0,46	46,7±37,39
Hutan Sekunder	24,2±0,63	6,4±0,44	77,7±16,66

b. Emisi gas rumah kaca (GRK)

1. Fluks CO₂

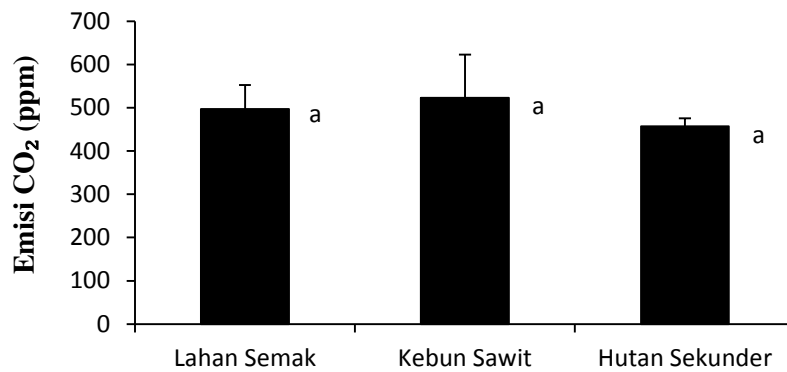
Hasil pengukuran terhadap rata-rata fluks CO₂ dari lahan semak, kebun sawit, dan hutan sekunder disajikan pada Gambar 1. Besarnya fluks yang dilepaskan dari kebun sawit, lahan samak, dan hutan sekunder secara berturut-turut adalah 523,2 ppm, 497,4 ppm, dan 457,2 ppm. Tingginya fluks dari setiap lahan menunjukkan adanya korelasi positif antara suhu tanah, kedalaman muka air, dan pH (H₂O) kecuali hubungan antara fluks dari hutan sekunder dengan tinggi kedalaman muka air tanah.

Pada umumnya lahan gambut seperti hutan sekunder menghasilkan fluks CO₂ lebih tinggi dibandingkan dengan lahan semak dan kebun sawit. Mengingat banyaknya serasah segar yang sedang dalam proses pelapukan, selain itu juga dinilai karena adanya tambahan sumbangan CO₂ dari respirasi akar dari vegetasi hutan tersebut. Namun pada hutan sekunder fluks yang dilepaskan semakin sedikit dengan meningkatnya kedalaman muka air. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti waktu dan metode yang digunakan untuk mengukur sampel gas pada hutan sekunder berbeda dengan

metode yang dilakukan untuk lahan semak dan kebun sawit. Besarnya fluks CO₂ yang diukur dari hutan sekunder ditentukan dengan menggunakan *Infrared Gas Analyzer* dengan interval waktu pengambilan sampel 5 detik selama 2-3 menit. Sedangkan pada lahan semak dan kebun sawit fluks CO₂ pada saat itu dilakukan dengan menggunakan *syringe* dengan interval waktu 3 menit selama 6 menit.

2. Pengaruh kedalaman muka air tanah

Tabel 2. menunjukkan data hasil pengukuran fluks CO₂ dari setiap titik pengambilan sampel. Hasil pengukuran kedalaman muka air tanah di lapangan menunjukkan bahwa dalam transek yang sama, pada titik pengambilan sampel yang terdekat dengan saluran drainase memiliki kedalaman muka air lebih dalam. Semakin jauh jarak titik pengambilan sampel dengan saluran drainase kedalaman muka air tanah semakin berkurang. Jika dilihat dari kedalaman muka air tanah, pada titik kedua kedalaman muka airnya lebih dalam dibandingkan dengan titik ketiga, namun fluks yang terukur lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh perbedaan karakteristik tanah gambut, pada titik tersebut kondisi permukaan tanah lebih padat sehingga hanya sedikit oksigen yang bisa masuk ke dalam tanah.

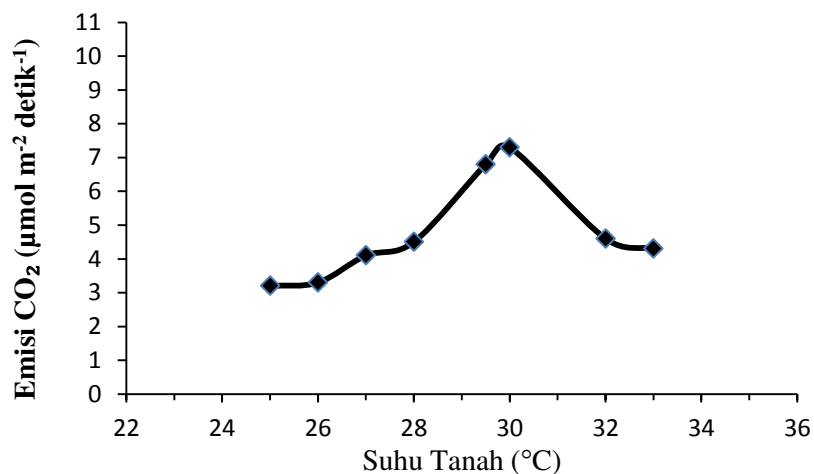


Gambar 1. Besarnya fluks CO₂ dari lahan semak, kebun sawit, dan hutan sekunder. Tanda huruf yang sama menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan pada $\alpha = 0,05$.

Tabel 2. Hubungan antara fluks CO₂ dengan kedalaman muka air tanah pada lahan semak.

Jarak Titik Pengambilan Sampel dari Saluran Drainase (m)	Kedalaman Muka Air Tanah (cm)*	Fluks ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ detik}^{-1}$)*
5	77,3	7,5
25	70,6	5,2
40	64,2	6,4

Catatan: *) Rata-rata fluks CO₂ dan kedalaman muka air tanah yang dilakukan sebanyak 17-20 kali pengulangan.



Gambar 2. Pengaruh suhu tanah terhadap fluks CO₂ yang dilakukan pada lahan semak menggunakan *Infrared Gas Analyzer*.

3. Pengaruh suhu tanah

Hubungan antara rata-rata fluks CO₂ dengan suhu tanah gambut yang diukur dari lahan semak menggunakan *Infrared Gas Analyzer* ditampilkan pada Gambar 2.

Berdasarkan hubungan antara pengukuran suhu tanah terhadap fluks CO₂ pada setiap lahan dapat dilihat bahwa gambut dengan jenis lahan semak dan kebun sawit terjadi perubahan fluks apabila suhu tanah meningkat. Sementara perubahan suhu tanah yang terjadi pada hutan sekunder tidak jauh berbeda, hal ini disebabkan oleh banyaknya pohon-pohon yang tumbuh di atasnya.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Berglund dkk. (2010) apabila suhu tanah gambut meningkat dari 10 °C menjadi 23 °C maka fluks CO₂ yang dilepaskan bisa mencapai 2-3 kali lipat. Pengukuran yang dilakukan di siang hari menghasilkan fluks yang lebih besar. Perubahan fluks CO₂ meningkat seiring naiknya suhu tanah, namun pada suhu 32°C fluks CO₂ mulai turun kembali. Pada suhu optimum, sistem enzim berfungsi baik dan tetap stabil untuk waktu lama. Pada suhu rendah, umumnya struktur tetap stabil, tetapi tidak dapat berfungsi sebagai biokatalisator. Sementara pada suhu tinggi, enzim mengalami denaturasi yang menyebabkan hilangnya sifat katalitiknya (Salampak dkk., 2014).

KESIMPULAN

Rata-rata fluks CO₂ yang dilepaskan oleh kebun sawit adalah 523, 2 ppm, lebih tinggi dibandingkan dengan lahan semak dan hutan sekunder yang hanya sebesar 497,4 ppm, dan 457,2 ppm. Hal ini tidak menunjukkan adanya

perbedaan yang signifikan pada $\alpha = 0,05$. Pola hubungan antara fluks CO₂ dengan kedalaman muka air tanah, pH (H₂O), dan suhu tanah pada masing-masing lahan mempunyai korelasi yang positif kecuali hubungan antara kedalaman muka air tanah dengan emisi CO₂ pada hutan sekunder.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Drs. H. T. Ariful Amri, MS dan Ibu Dr. Hj. Sofia Anita, M.Sc selaku dosen pembimbing dan Drs, Ahmad Muhammad yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, dukungan, dan petunjuk selama penelitian dan penulisan karya ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F., Hairiah, K, dan Mulyani, A. 2011. *Pengukuran Cadangan Karbon Tanah Gambut. Petunjuk Praktis*. World Agroforestry Centre-ICRAF, SEA Regional Office dan Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian (BBSDLP), Bogor.
- Berglund, Ö., Berglund, K, and Klemmedtsson, L. 2010. A lysimeter study on the effect of temperature on CO₂ emission from cultivated peat soils. *Geoderma*. **154**: 211-218.
- Dariah, A., Jubaedah, Wahyunto, dan Pitono, J. 2013. *Pengaruh Tinggi Muka Air Saluran Drainase , Pupuk, dan Amelioran Terhadap Emisi CO₂ Pada Perkebunan*

- Kelapa Sawit di Lahan Gambut*. Balai Penelitian Tanah, Bogor.
- Handayani, E. 2009. Emisi Karbon Dioksida (CO₂) dan Metan (CH₄) Pada Perkebunan Kelapa Sawit di Lahan Gambut yang Memiliki Keragaman dalam Ketebalan Gambut dan Umur Tanaman. *Thesis*. FMIPA Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Jauhiainen, J., Takahashi, H., Heikkinen, J. E. P., Martikainen, P. J., and Vasander, H. 2005. Carbon Fluxes from a Tropical Peat Swamp Forest Floor. *Global Change Biology* **11**: 1788–1797.
- Mubekti. 2011. Studi pewilayahan dalam rangka pengelolaan lahan gambut berkelanjutan di Provinsi Riau. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia* **13(2)**:88-94.
- Salampak, Sustiyah, dan Amelia, V. 2014. *Fluks Gas Karbon Dioksida Pada Tanag Gambut Pedalaman di Kalampangan, Kalimantan Tengah*. Fakultas Pertanian, Universitas Palangkaraya, Kalimantan Tengah.
- Sagiman, S. 2007. Pemanfaatan Lahan Gambut dengan Perspektif Pertanian Berkelanjutan. *Orasi Ilmiah Guru Besar Tetap Ilmu Kesuburan Tanah*. Fakultas Pertanian Universitas Tanjung Pura, Pontianak.
- Soil Survei Staff. 1998. *Keys to Soil Taxonomy. 8th Edition*. Agency for International Development United States Departement of Agriculture Soil Management Support Services. Virginia Polytechnic Institute and State University. 716 p.
- Tono, S., Wawan, dan Amri, I. A. 2011. *Fluks CO₂ pada Berbagai Kondisi Hutan Rawa Gambut di Areal Konsesi PT. Diamond Raya Timber Kecamatan Bangko Kabupaten Roakn Hilir*. Fakultas Pertanian, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Wahyunto, Ritung, S., Suparto, dan Subagjo, H. 2003. *Sebaran Gambut dan Kandungan Karbon di Sumatera dan Kalimantan*. Wetlands International-Indonesia Programme dan Wildlife Habitat Canada, Bogor.
- Yulianti, N. 2009. Cadangan karbon lahan gambut dari agroekosistem kelapa sawit PTPN IV Ajamu, Kabupaten Lahan Batu, Sumatera Utara. *Tesis*. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Yusnimar, Yelmida, A., Yenie, E., Edward, HS, dan Drastinawati. 2010. *Pengolahan Air Gambut dengan Bentonit*. Fakultas Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru.